

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 37 43 438 A 1**

⑤1 Int. Cl. 4:
G 05 B 19/04
G 06 F 15/46

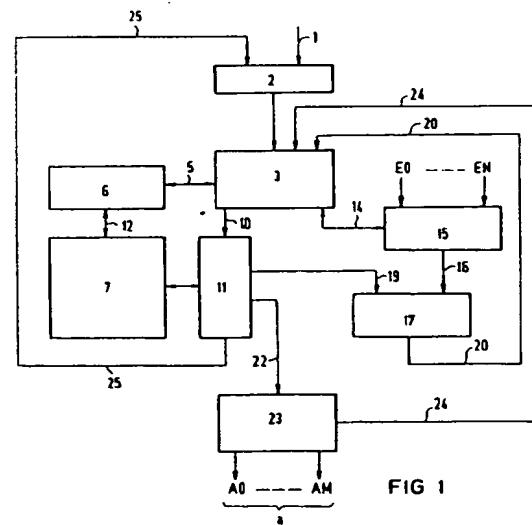
21 Aktenzeichen: P 37 43 438.1
22 Anmeldetag: 21. 12. 87
43 Offenlegungstag: 29. 6. 89

71 Anmelder

72 Erfinder:
Hallwirth, Volker, Dipl.-Ing., 7742 St Georgen, DE

54 Verfahren und Einrichtung zum Steuern des Übergangs eines endlichen Automaten von einem Momentanzustand in einen Folgezustand

Bei speicherprogrammierbaren Steuerungen wird die auf eine Änderung mindestens einer Prozeßeingangsgröße (E0, E1, ..., EN) erfolgende Erzeugung von Steuer- oder Stellsignalen (A0, A1, ..., AM) wesentlich beschleunigt, indem vom Momentanzustand und von der Eingangsvektorbelegung (e3) abhängige, vorab erstellte Steuerdaten (S0, S1, S2) und Folgezustands-Codes (Z0, Z1, Z2) aus spezifischen Datenspeicherbereichen (7a, b, c) und Teilbereichen ausgewählt und direkt oder nach nur kurzer Weiterverarbeitung als Ausgangsvektor (a) ausgegeben werden.



DE 37 43 438 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Steuern des Übergangs eines endlichen Automaten von einem Momentanzustand in einen Folgezustand, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. 3.

Solche Verfahren und Einrichtungen sind zum Beispiel in Form herkömmlicher speicherprogrammierbarer Steuerungen bekannt, bei denen zur Lösung der Steuerungsaufgaben zyklisch meist umfangreiche Folgen von Befehlen (= Programme) abgearbeitet werden, um in Abhängigkeit von den Prozeßeingangsgrößen die Steuer- oder Stellsignale zu erzeugen. Diese Vorgehensweise bringt entweder einen entsprechend großen Zeitaufwand mit sich, wenn immer ein gesamtes Programm durchlaufen werden muß, obwohl sich häufig die Eingangsgrößen gar nicht verändert haben, oder führt zu stark ungleichmäßigen Intervallängen zwischen den Abtastungen der Prozeßeingangsgrößen, wenn vom momentanen Funktionsumfang des Automaten abhängige Steuerprogramme durchlaufen werden, bevor die jeweils nächste Abtastung erfolgen kann.

Die Aufgabe der Erfindung besteht daher in der Bereitstellung eines gattungsgemäßen Verfahrens und einer gattungsgemäßen Einrichtung, die die Geschwindigkeit der Erzeugung der Steuersignale erhöhen, ohne dabei störend ungleichmäßige Intervallängen für diese Erzeugung zu bedingen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß hinsichtlich des Verfahrens durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 oder 2, hinsichtlich der Einrichtung durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 3 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der weiteren Ansprüche.

Der Hauptvorteil der Erfindung besteht in der erzielbaren, theoretisch maximalen Geschwindigkeit der Erzeugung der Steuersignale aus den Prozeßeingangsgrößen. Dadurch werden Steuerungsrealisierungen möglich, die gegenüber den bekannten Realisierungen deutlich höhere Abtastraten und Verarbeitungsgeschwindigkeiten erlauben. Darüber hinaus werden bei der Abtastung der Prozeßeingangsgrößen und Erzeugung der Steuersignale quasi-konstante Zykluszeiten erreicht.

Anspruch 4 betrifft vorteilhafte Einrichtungsmerkmale zum auswählenden Zugriff auf eine vorab erstellte Datei. Eine mittelbare Erzeugung des neuen Ausgangsvektors, nach Anspruch 5, reduziert den Bedarf an Datenspeicherkapazität. Die Steuerung des Automaten kann aus vorgebbaren Startzuständen erfolgen, indem das Zustandsregister nach Anspruch 6 von außen gesetzt wird. Eine oder mehrere Funktionen der erfindungsgemäßen Einrichtung können nach Anspruch 7 vorteilhaft von einer digitalen Prozessoreinheit übernommen werden.

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels wird die Erfindung nachstehend näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Steuereinrichtung;

Fig. 2 eine Datei auswählbarer Steuerdaten und Folgezustands-Codes.

Die Steuereinrichtung gemäß Fig. 1 dient der Steuerung des Übergangs eines endlichen Automaten, also eines Automaten mit endlich vielen Zuständen, von einem Momentanzustand in einen Folgezustand. Der Momentanzustand, mit dem die Steuereinrichtung in Betrieb genommen wird, kann ein beliebiger Zustand des (nicht dargestellten) Automaten sein. Daher bedeutet es

keine Beschränkung der Allgemeinheit, wenn im weiteren als Startzustand der Steuereinrichtung der Rücksetzstatus des Automaten betrachtet wird.

Auf dem Signalweg 1 wird der Code Z_0 des Momentanzustandes von außen in das Zustandsregister 2 geladen oder dort aufgrund eines Rücksetzsignals voreingestellt. Das Steuerwerk 3 übernimmt den Code Z_0 vom Zustandsregister 2 und veranlaßt über den Signalweg 5 an den Seitenselektor 6 im Datenspeicher 7 den Datenspeicherbereich 7a (vgl. Fig. 2) zu aktivieren, der für den Momentanzustand spezifische, vorab erstellte Steuerdaten S_0, S_1, S_2 sowie Codes Z_0, Z_1, Z_2 der aus Momentanzustand erreichbaren Folgezustände enthält. Zusätzlich kann dieser Datenspeicherbereich 7a eine Kopfinformation darüber enthalten, welche der an der Eingangsstufe 15 empfangenen Prozeßeingangsgrößen E_0, \dots, EN für die Steuerungsaufgabe im gegebenen Momentanzustand relevant sind. Denn nicht in jedem Automatzustand ist die Berücksichtigung aller Prozeßeingangsgrößen E_0, \dots, EN notwendig. Aufgrund der über die Signalwege 12 und 5 erhaltenen Kopfinformation kann das Steuerwerk 3 der Eingangsstufe 15 über den Signalweg 14 im allgemeinen Fall vorgegeben, welche der Prozeßeingangsgrößen E_0, \dots, EN sie zum Eingangsvektor zusammenfassen soll.

Eine Änderung mindestens einer der berücksichtigten Prozeßeingangsgrößen E_0, \dots, EN , also einen Übergang auf eine neue Eingangsvektorbelegung, meldet die Eingangsstufe 15 über den Signalweg 14 dem Steuerwerk 3, welches daraufhin über den Signalweg 10 den Zeilenselektor 11 veranlaßt, aus dem im Datenspeicher 7 aktivierte Datenspeicherbereich 7a den Teilbereich auszuwählen, der die für die neue Eingangsvektorbelegung spezifischen Steuerdaten S_0, S_1 oder S_2 und den Code Z_0, Z_1 oder Z_2 des durch die neue Eingangsvektorbelegung bestimmten Folgezustands enthält.

Um die Auswahl des Datenspeicherbereichs 7a und des Teilbereichs zu veranschaulichen, wird parallel auf Fig. 2 Bezug genommen. Dort sind die Datenspeicherbereiche 7a, b, c symbolisch als Seiten dargestellt, die jeweils die in einem Momentanzustand möglichen Steuerungsfälle vollständig beschreiben. Als zu steuerner Automat ist dieser exemplarischen Darstellung ein (Elektro-) Motor zugrunde gelegt, der die (codierten) Zustände $Z_0 = \text{Stop}$, $Z_1 = \text{Vorlauf}$, $Z_2 = \text{Rücklauf}$ einnehmen kann. Die (Booleschen) Prozeßeingangsgrößen heißen $E_0 = \text{Stop-Befehl}$, $E_1 = \text{Vorlauf Befehl}$, $E_2 = \text{Rücklauf-Befehl}$, $E_3 = \text{Anschlag-Signal}$ (z. B. Bereichsende bei einem Positionier- oder Förder-Antrieb o. dgl.). Bei komplizierteren Motorsteuerungen treten weitere Parameter wie Drehzahl, Drehmoment, Strom, Spannung usw. als im allgemeinen Fall digitale Prozeßeingangsgrößen E_4 bis EN hinzu.

Bei allen drei Zuständen des betrachteten Beispiels werden (zunächst) alle vier Prozeßeingangsgrößen E_0, \dots, E_3 berücksichtigt, was – wie oben erläutert – im allgemeinen Fall anders sein kann. Die Prozeßeingangsgrößen E_0, \dots, E_3 werden zu den relevanten Eingangsvektorbelegungen e_0 bis e_6 zusammengefaßt, deren Anzahl deutlich niedriger ist als die rechnerische Maximalanzahl 2 hoch 4 = 16. (Diese allgemein zu beobachtende Eigenschaft von Steuerungsaufgaben erleichtert die Erstellung vollständiger Beschreibungsdateien.) Auch diese Anzahl, nicht nur die Breite, der relevanten Eingangsvektorbelegungen kann im allgemeinen Fall von Momentanzustand zu Momentanzustand verscheiden.

Im Momentanzustand mit dem Code Z_0 wird also der

Datenspeicherbereich 7a aktiviert. Tritt nun z. B. die neue Eingangsvektorbelegung e_3 auf, veranlaßt das Steuerwerk 3 den Zeilenselektor 11 zur Auswahl des für diese neue Eingangsvektorbelegung E_3 spezifischen Teilbereichs, hier der entsprechenden Zeile der Seite 7a, um an die für diesen Steuerungsfall geltenden, vorab erstellten Steuerdaten S_2 und den Code Z_2 des Folgezustands zu gelangen. Auch hier ist der Vollständigkeit halber anzumerken, daß die Steuerdaten zum Erreichen eines bestimmten Folgezustands im allgemeinen Fall vom Momentanzustand sowie von der Eingangsvektorbelegung abhängen.

Die Auswahl des für die neue Eingangsvektorbelegung e_3 spezifischen Teilbereichs, also der entsprechenden Zeile der Datei-Seite 7a, kann in der Weise geschehen, daß die Eingangsvektorbelegung e_3 in eine Zeilenadresse umgerechnet und damit unmittelbar auf die Zeile zugegriffen wird. Wo dies nicht möglich ist, etwa weil keine absoluten Zeilenadressen zur Verfügung stehen oder diese sich infolge Dateientersfers innerhalb des Datenspeichers 7 oder zwischen dem Datenspeicher 7 und etwaigen Hintergrundspeichern sich laufend ändern, wird die gesuchte Zeile durch sukzessiven Vergleich der auf der Seite 7a gespeicherten Eingangsvektorbelegungen e_0 bis e_6 mit der neuen Eingangsvektorbelegung e_3 ermittelt. Hierzu gibt der Zeilensektor 11 der Reihe nach die gespeicherten Eingangsvektorbelegungen e_0 bis maximal e_6 über den Signalweg 19 an den Vergleicher 17. Dies geschieht ggf. zusammen mit einer Information über die Maskierung einzelner Vektorelemente, deren Wert in der betreffenden Konstellation der Prozeßeingangsgrößen E_0, \dots, E_3 irrelevant ist. Etwa soll ein Stop-Befehl $E_0 = 1$ absoluten Vorrang haben, daß heißt, unabhängig von allen anderen Prozeßeingangsgrößen E_1, E_2, E_3 eine Stillsetzung auslösen. Deshalb sind auf der Datei-Seite 7a in der Zeile der Eingangsvektorbelegung e_0 die Werte der Prozeßeingangsgrößen E_1, E_2, E_3 als beliebig markiert, ausgedrückt durch "x".

Sobald der Vergleicher 17 schließlich die Gleichheit zwischen der gespeicherten Eingangsvektorbelegung e_3 und der über den Signalweg 16 anliegenden neuen Eingangsvektorbelegung e_3 feststellt, teilt er dies über den Signalweg 20 dem Steuerwerk 3 mit, welches den Zeilensektor 11 veranlaßt, einerseits die Steuerdaten S_2 der gefundenen Zeile über den Signalweg 22 an den Ausgangsvektorgenerator 23 zu übergehen und andererseits den Folgezustands-Code Z_2 der gefundenen Zeile über den Signalweg 25 in das Zustandsregister 2 zu laden.

Der Ausgangsvektorgenerator 23 erzeugt aus den Steuerdaten S_2 die Steuer- oder Stellsignale A_0 bis AM des Ausgangsvektors a . Im einfachsten und schnellsten Fall kann dies die unmittelbare Ausgabe der übernommenen Steuerdaten S_2 bedeuten. Im allgemeinsten Fall ist der Ausgangsvektorgenerator 23 eine Datenverarbeitungseinheit, der in Form der Steuerdaten S_2 bestimmte Parameterwerte sowie die Anfangsadresse eines Programmstücks übergeben werden, aus dessen Abarbeitung schließlich die eigentlichen Steuer- und Stellsignale A_0, \dots, AM hervorgehen. Diese Methode erlaubt eine Optimierung zwischen Datei-Volumen und Zykluszeit. Die erfolgreiche Generierung des Ausgangsvektors a wird dem Steuerwerk 3 über den Signalweg 24 quittiert.

Die Steuerdaten S_2 bzw. der zugehörige Ausgangsvektor a bewirken in der als Beispiel gewählten Motorsteuerung einen Übergang auf dem Folgezustand mit

dem Code Z_2 , das heißt auf einen Rücklauf des Motors, indem entsprechende Stellglieder – z. B. Schütze oder Halbleiterschalter – angesteuert werden, um den Motor mit Strom der benötigten Polarität zu versorgen.

5 Steuerdaten S_1 , als Antwort auf eine neue Eingangsvektorbelegung e_1 , bewirken aus dem Grundzustand heraus einen Übergang auf Motor-Vorlauf, während Steuerdaten S_0 jeweils einen Motor-Stop zur Folge haben, d. h. den Motorstrom abschalten.

10 Der Code Z_2 des Folgezustands befindet sich bereits im Zustandsregister 2. Der für diesen Zustand spezifischen Datenspeicherbereich 7c – die Datei-Seite mit dem Code Z_2 – kann nun vorzugsweise sofort oder auch erst nach dem Eintreffen der nächsten neuen Eingangsvektorbelegung aktiviert werden, und ein neuer Zyklus schließt sich an. Dessen zeitliche Länge – ebenso wie die Dauer aller weiteren Zyklen desselben oder eines anderen Steuerungsproblems – entspricht weitestgehend jener des oben beschriebenen Zyklus, da stets nur fertige oder nahezu fertige Sätze von Steuerdaten S_0, S_1 bzw. S_2 abgerufen und ausgegeben zu werden brauchen. Zu der hohen Geschwindigkeit der Steuerdatenerzeugung tritt also auch noch der Vorteil einer quasi-konstanten Zykluszeit.

15 Um etwaige Fehlsteuerungen redundant auszuschließen, kann die tatsächliche Einnahme des jeweils erwarteten Folgezustands überwacht werden. Für die Realisierung der beschriebenen Steuereinrichtung läßt sich in vielen praktischen Fällen mit Vorteil eine digitale Prozessoreinheit einsetzen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern des Übergangs eines endlichen Automaten von einem Momentanzustand in einen Folgezustand mittels einer einen Datenspeicher und eine Auswahlseinrichtung aufweisenden Steuereinrichtung, die einen Eingangsvektor digitaler Prozeßeingangsgröße, insbesondere Funktionsbefehls- und/oder Parametersignale, empfängt und einen Ausgangsvektor digitaler Steueroder Stellsignale ausgibt, wobei ein Übergang auf eine neue Eingangsvektorbelegung einen vom Momentanzustand abhängigen Übergang auf einen neuen Ausgangsvektor auslöst, dadurch gekennzeichnet, daß beim Übergang auf die neue Eingangsvektorbelegung (e 3)

- a) die Auswahlseinrichtung (3, 6, 11) aus einem Datenspeicherbereich (7a), welcher für den Momentanzustand spezifische, vorab erstellte Steuerdaten (S_0, S_1, S_2) sowie Codes (Z_0, Z_1, Z_2) sowie Codes (Z_0, Z_1, Z_2) der aus dem Momentanzustand erreichbaren Folgezustände enthält, den Teilbereich auswählt, der die für die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) spezifischen Steuerdaten (S_2) und den Code (Z_2) des durch die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) bestimmten Folgezustands enthält;
- b) die für den Momentanzustand und die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) spezifischen Steuerdaten (S_2) als neuer Ausgangsvektor (a) verwendet oder zum neuen Ausgangsvektor (a) verarbeitet werden;
- c) die Auswahlseinrichtung (3, 6, 11) anhand des Codes (Z_2) einen nächsten Datenspeicherbereich (7c) auswählt und bereithält, welcher für den Folgezustand spezifische, vorab erstellte Steuerdaten (S_0, S_1, S_2) sowie Codes ($Z_0,$

Z_1, Z_2) der aus dem Folgezustand erreichbaren Zustände enthält.

2. Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Übergang auf die neue Eingangsvektorbelegung (e 3)

- a) die Auswahlleinrichtung (3, 6, 11) anhand eines den Momentanzustands bezeichneten Codes (Z_0) einen Datenspeicherbereich ($7a$) auswählt, welcher für den Momentanzustand spezifische, vorab erstellte Steuerdaten (S_0, S_1, S_2) sowie Codes (Z_0, Z_1, Z_2) der aus dem Momentanzustand erreichbaren Folgezustände enthält;
- b) die Auswahlleinrichtung (3, 6, 11) aus dem Datenspeicherbereich ($7a$) den Teilbereich auswählt, der die für die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) spezifischen Steuerdaten (S_2) und den Code (Z_2) des durch die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) bestimmten Folgezustands enthält;
- c) die für den Momentanzustand und die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) spezifischen Steuerdaten (S_2) als neuer Ausgangsvektor (a) verwendet oder zum neuen Ausgangsvektor (a) verarbeitet werden;
- d) der Code (Z_2) des durch die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) bestimmten Folgezustands als Code (Z_2) für den Momentanzustand des nächsten Zustandsübergangs bereitgehalten wird.

3. Einrichtung zum Steuern des Übergangs eines endlichen Automaten von einem Momentanzustand in einen Folgezustand, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, mit einem Datenspeicher und einer Auswahlleinrichtung zur Auswahl von Datenspeicherbereichen sowie mit einer Eingangsstufe zum Empfang eines Eingangsvektors digitaler Prozeßeingangsgrößen, insbesondere Funktionsbefehls- und/ oder Parametersignale, und einer Ausgangsstufe zur Ausgabe eines Ausgangsvektors digitaler Steuer- oder Stellsignale, wobei ein Übergang auf eine neue Eingangsvektorbelegung einen vom Momentanzustand abhängigen Übergang auf einen neuen Ausgangsvektor auslöst, gekennzeichnet durch

- a) ein Zustandsregister (2) zur Speicherung eines Codes (Z_0, Z_2) des Momentanzustands oder des Folgezustands des Automaten;
- b) ein Steuerwerk (3) zur Auswahl eines Datenspeicherbereichs ($7a, 7c$), welcher für den codierten Zustand spezifische, vorab erstellte Steuerdaten (S_0, S_1, S_2) sowie Codes (Z_0, S_1, S_2) sowie Codes (Z_0, Z_1, Z_2) der aus dem codierten Zustand erreichbaren Folgezustände enthält, und zur Auswahl des Teilbereichs, der die für die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) spezifischen Steuerdaten (S_2) und den Code (Z_2) des durch die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) bestimmten Folgezustands enthält;
- c) eine Einrichtung (11, 22) zur Übergabe der für die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) spezifischen Steuerdaten (S_2) an die Ausgangsstufe;
- d) eine Einrichtung (11, 25) zur Übergabe des Codes (Z_2) des durch die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) bestimmten Folgezustands

an das Zustandsregister (2).

4. Einrichtung nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch einen Seitenselektor (6) zur Auswahl des Datenspeicherbereichs ($7a, 7c$) und einen Zeilenselektor (11) zur Auswahl des Teilbereichs.

5. Einrichtung nach Anspruch 3 oder 4, gekennzeichnet, durch einen Ausgangsvektorgenerator (23), insbesondere eine Datenverarbeitungseinheit, zur Erzeugung des neuen Ausgangsvektors (a) aus den für die neue Eingangsvektorbelegung (e 3) spezifischen Steuerdaten (S_2).

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (1) zum Laden eines von außen vorgebbaren Codes, insbesondere Startcodes (Z_0), in das Zustandsregister (2).

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, gekennzeichnet durch eine digitale Prozessoreinheit zur Auswahl des Datenspeicherbereichs ($7a, 7c$) und/oder zur Auswahl des Teilbereichs und/oder zur Erzeugung des neuen Ausgangsvektors (a) und/oder zum Laden des Zustandsregisters (2) und/oder zur Überwachung der Ausführung der im neuen Ausgangsvektor (a) enthaltenen Steuer- oder Stellsignale (A_0, A_1, \dots, A_M).

3743438

Nummer: 37 43 438
Int. Cl. 4: G 05 B 19/04
Anmeldetag: 21. Dezember 1987
Offenlegungstag: 29. Juni 1989

1/2

10

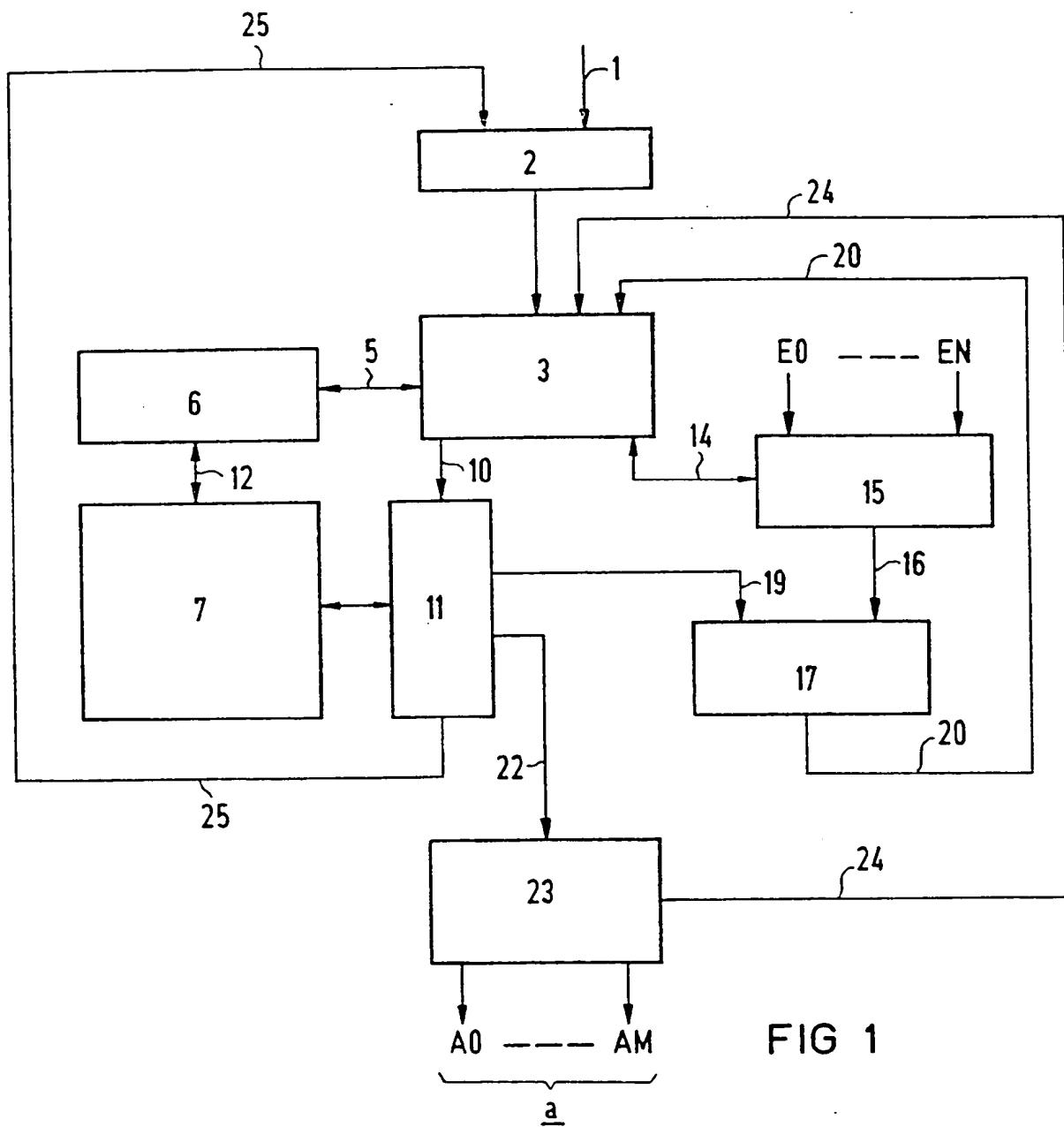


FIG. 1

2/2

11 *

Momentanzustand =				Z0 ≡	Z1 ≡	Z2 ≡
Eingangsyektörbelegung				Stop	Vorlauf	Rücklauf
				Steuerdaten	Steuerdaten	Steuerdaten
				Folgezustands-Codes	Folgezustands-Codes	Folgezustands-Codes
(1	x	x	x) =e0 ;	S0 ; Z0	S0 ; Z0	S0 ; Z0
(0	1	x	0) =e1 ;	S1 ; Z1	S1 ; Z1	S2 ; Z2
(0	1	x	1) =e2 ;	S0 ; Z0	S0 ; Z0	S2 ; Z2
(0	0	1	0) =e3 ;	S2 ; Z2	S1 ; Z1	S2 ; Z2
(0	0	1	1) =e4 ;	S0 ; Z0	S1 ; Z1	S0 ; Z0
(0	0	0	1) =e5 ;	S0 ; Z0	S0 ; Z0	S0 ; Z0
(sonst.) =e6 ;	S0 ; Z0	S0 ; Z0	S0 ; Z0

FIG 2